



Evaluation de l'exposition aux radiations X chez des patients du service de réanimation des urgences chirurgicales de l'hôpital ibn Sina du CHU de Rabat-Sale

Evaluation of the exposure to x-rays in patients of the Resuscitation Unit of the Surgical Emergency Department of the Ibn Sina Hospital of the Rabat-Sale University Hospital Center

Anacleth Tshisekedi Kalonji^{1,2}, Antoine Aundu Molua^{2, 3}, Tacite Kpanya Mazoba^{2,3}, Xavier Munioka Tshiabukole², Ahid Samir⁴, Meddah Bouchra⁴, El Yahyaoui A⁵, Kazadi François⁶

Auteur correspondant

Anacleth Tshisekedi Kalonji, MD

Courriel : anaclethkalonji83@gmail.com

Téléphone : 00243898009895 / 00243900228163

Service de Radiologie, Hôpital Ibn Sina du CHU de Rabat-Salé, Université Mahommed V-Souissi, Rabat

Summary

Context and objective. Medical irradiation is the second most common cause of exposure to ionizing radiation after radon and accounts for 90 % of all artificial exposures. Thus, limiting the risks due to ionizing radiation is the basis of radiation protection. The present study aimed to evaluate the doses of radiological examinations in patients admitted to the Resuscitation Unit of the Department of Surgical emergency.

Methods. This was a prospective series of cases during two months in the Resuscitation Unit of the Rabat-Salé University Hospital Center. In a sample of consecutively recruited patients, 2 standard examinations and 2 scans were selected according to the Euratom directive 97/43 for the calculation of entry doses (De) and Product Doses Length (PDL). The parameters of interest were sociodemographic, clinical and radiological.

Results. Of a total of 55 patients enrolled, 52.8 % were hospitalized for trauma and 14.5% for occlusive syndrome. On average, seven standard radiology examinations per day, including a chest X-ray, were performed per patient and at least one Computed Tomography (CT) scan in 50% of cases. Trauma patients received standard examinations (81.7%) and CT scans (39%). The median dose delivered to the trauma patients was 9.15 mGy for De and 1495.3 mGy.cm for PDL.

Conclusion. The analysis of dosimetric data showed that De and PDL are in accordance with the European Diagnostic Reference Levels (DRL) (75th percentile).

Keywords: Dosimetry, irradiation, emergency,

Résumé

Contexte et objectif. L'irradiation médicale est la deuxième cause d'exposition aux radiations ionisantes après le radon et constitue 90 % des expositions artificielles. Ainsi donc, limiter les risques dus aux rayonnements ionisants est le fondement de la radioprotection. La présente étude avait pour objectif d'évaluer les doses des examens radiologiques auprès des malades admis au service de réanimation des urgences chirurgicales.

Méthodes. Il s'est agi d'une série prospective des cas admis pendant deux mois au service de réanimation des urgences chirurgicales du CHU de Rabat-Salé. Sur un échantillon de patients recrutés de manière consécutive, deux examens standards et deux scanners ont été choisis conformément à la directive Euratom 97/43 pour le calcul des doses d'entrée (De) et des Produits Doses Longueur (PDL). Les paramètres d'intérêts étaient sociodémographiques, cliniques et radiologiques.

Résultats. Sur un total de 55 patients enrôlés, 52,8 % étaient hospitalisés pour traumatismes et 14,5 % pour syndrome occlusif. En moyenne, sept examens standards de radiologie par jour, dont une radiographie de thorax a été réalisée par patient et au moins un scanner dans 50 % des cas. Les traumatisés ont bénéficié des examens standards (81,7 %) et des scanners (39 %). La médiane de la dose délivrée aux traumatisés était de 9,15 mGy pour la De et 1495,3 mGy.cm pour PDL.

Conclusion. L'analyse des données dosimétriques a montré que les De et les PDL sont conformes aux Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) européen (75^{ème} percentile).

Mots-clés: Dosimétrie, irradiation, urgences, radiographie de thorax, scanner corps entier

<https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v16i3.5>

Reçu le 9 février 2023

Accepté le 2 mai 2023



chest radiography, whole body CT
<https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v16i3.5>

Received: February 9th, 2023

Accepted: May 2nd, 2023

1. Service de Radiologie, Hôpital Ibn Sina du CHU de Rabat-Salé, Université Mohammed V- Souissi, Rabat.
2. Département de Radiologie, Cliniques Universitaires de Kinshasa, Université de Kinshasa.
3. Centre Interdisciplinaire de Recherche en Imagerie Médicale, RD Congo.
4. Laboratoire de Pharmacologie et de Toxicologie, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Mohammed V- Souissi, Rabat, Maroc.
5. Laboratoire de Radiochimie, Faculté des sciences, Université Mohammed V- Agdal, Rabat, Maroc.
6. Centre Régional d'Etudes Nucléaire de Kinshasa, Université de Kinshasa, RD Congo.

Introduction

Les causes d'irradiation de la population générale sont représentées par l'irradiation naturelle, l'irradiation professionnelle, l'irradiation accidentelle et l'irradiation médicale. Cette dernière est la deuxième cause d'exposition aux radiations ionisantes après le radon et elle représente environ 31,3 % de la totalité des doses reçues par un individu (1). Elle constitue 90 % des expositions artificielles (1-2); d'où la nécessité de prévenir et de limiter les risques sanitaires dus aux rayonnements ionisants; ce qui constitue le fondement de la radioprotection (3 - 6).

Ainsi, les principes fondamentaux de la radioprotection sont: la justification des pratiques utilisant des rayonnements ionisants; la limitation des expositions individuelles et l'optimisation de la radioprotection (7 - 9). Mais dans la pratique, l'application de ces principes fondamentaux de la radioprotection en imagerie médicale avait rencontré des difficultés de plusieurs ordres, notamment les textes réglementaires qui n'ont pas un caractère contraignant (10) d'une part et d'autre part, ces textes utilisent le millisievert « mSv » comme unité de dose, tandis que le radiologue pour réaliser une radiographie, fait usage des unités électriques, telle que: le kilovolt « KV » et le milliampère « mA » (7 - 10).

A cet égard, et s'inspirant des grands principes de la radioprotection ainsi que des recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), la commission Européenne a donné aux pays membres de l'union Européenne, deux directives importantes: la directive 96 / 29 / Euratom du 13 mai 1996 (8) et la directive 97 / 43 / Euratom du 30 juin 1997 (9). La difficulté liée à l'application de ces textes réglementaires, a été remédié par les progrès importants dans la conversion des unités de doses (11-12), les Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) déterminés par la commission Européenne en 1997 (11,13) et le Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale édité par la Société Française de Radiologie (14). C'est dans cette optique que la présente étude a été entreprise.

L'objectif était donc de procéder à l'évaluation dosimétrique des examens radiologiques réalisés au bénéfice des patients hospitalisés au Service de réanimation des urgences chirurgicales (RUCH) pour la comparer aux Niveaux de Référence Diagnostique déterminés par la commission Européenne en 1997.



Méthodes

Nature et cadre de l'étude

Il s'est agi d'une série prospective des cas admis au service de réanimation des urgences chirurgicales de l'hôpital Ibn Sina du CHU de Rabat-Salé et référé pour un examen radiologique. L'hôpital Ibn Sina est l'une de 10 structures hospitalières du Centre Hospitalier Universitaire de Rabat-Salé, dans le Royaume du Maroc. Il comporte une unité des urgences intégrées et les services de pathologies médicales et chirurgicales de l'adulte, la médecine nucléaire, la médecine interne, la chirurgie réparatrice et plastique, l'hémodialyse et la greffe, la lithotripsie et l'hémo-oncologie adulte.

Population d'étude

L'étude a intéressé les patients admis au service des urgences et ayant bénéficié d'un d'au moins un examen radiologique (radiographie standard ou scanner). Ces examens ne leur ont pas été demandés dans le cadre de l'étude, mais plutôt par nécessité clinique.

Critères de sélection

- Inclusion : avoir réalisé au moins une radiographie standard et/ou une exploration scannographique pendant l'hospitalisation
- Non inclusion :
 - patients chez qui les données de calcul de De et de PDL n'étaient obtenues
 - patients n'ayant fait que l'échographie comme bilan radiologique.

Variables d'intérêt et définitions opérationnelles

- Age : la date de naissance ou l'âge civil donné par le patient à l'anamnèse. Tous les âges étaient considérés.
- Sexe : le genre sexuel du patient. Pouvant être soit masculin, soit féminin
- Motif d'hospitalisation : la raison (diagnostique ou symptomatologie) pour laquelle le patient a été gardé en hospitalisation (pendant la période de l'étude).
- Séjour d'hospitalisation : durée de temps passée en hospitalisation par le patient (exprimé en termes des jours)

- Dose d'entrée (De) : Energie en un point de la peau du patient, intégrant le rayonnement rétrodiffusé par le patient (dépend de : Kv, distance peau du patient – tube rayon X, filtration additionnelle du tube radiogène).
- Produit dose longueur (PDL) : dose de rayons X délivrés dans tout le volume exploré exprimé en mGy.cm

Evaluation de la dose physique des examens standards et les scanners

Les doses physiques ont été calculées pour tous les examens standards et les scanners réalisés auprès des patients, respectivement en dose d'entrée « De » (mGy) et en Produit Dose Longueur « PDL » (mGy x cm).

Deux examens standards (la radiographie de thorax et celle d'Abdomen Sans Préparation « ASP ») et deux scanners (cérébral et abdominal), conformément aux termes de la directive Euratom 97/43 (9,13) ont été choisis pour le calcul de la valeur moyenne des De et celle des PDL selon le cas.

Les moyennes ont été calculées sur base des effectifs et non sur base de concomitance ou de correspondance. Les valeurs moyennes des évaluations dosimétriques de ces examens sélectionnés ont été comparées aux Niveaux de Référence Diagnostiques « NRD » correspondants (11,13).

Le calcul de la dose à la surface d'entrée « De » a été réalisé à partir du Module Internet de Calcul de Dose « MICADO » (v1 10/2006), disponible sur le site internet de l'IRSN (16).

Le PDL a été obtenu selon la formule suivante : $IDSV \times L$

IDSV : Indice de doses scannographiques volumiques, L : longueur d'hélice.

Les coefficients k de conversion en fonction de la région explorée KV sont donnés dans le tableau 1.



Tableau 1. Coefficients permettant de convertir le produit dose surface exprimé en Gy.cm² à la dose efficace aux énergies moyennes du radiodiagnostic

Région explorée KV	Kv	Coefficient k de Conversion
Thorax F	130	0,33
Thorax P	130	0,15
Abdomen	70	0,17
Abdomen	90	0,22
Bassin	70	0,20
Tête F	80	0,04
Rachis cervical F	70	0,21
Rachis cervical P	70	0,03
Rachis thoracique F	70	0,27
Rachis thoracique P	80	0,10
Rachis lombaire F	80	0,21
Rachis lombaire P	90	0,13

Source : Cordoliani Y. Comment évaluer la dose délivrée aux patients en radiologie. Journée Française de Radiologie (11).

Les niveaux de référence diagnostique en radiologie conventionnelle sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2. Niveaux de référence diagnostique en radiologie conventionnelle, chez l'adulte et l'enfant

Examen	Dose d'entrée (De) en mGy
Thorax de face (PA)	0,3
Thorax de profil	1,5
Rachis lombaire de face	10
Rachis lobaire de profil	30
Abdomen sans préparation	10
Bassin de face (antéro-postérieure)	10
Mammographie	10
Crâne face	5
Crâne profil	3

Source : Cordoliani Y. Comment évaluer la dose délivrée aux patients en radiologie. Journée Française de Radiologie (11)

Protocole d'acquisition

Les clichés de thorax au lit du malade ont été réalisés avec une unité mobile de marque Philips, modèle PRACTIX 400 dont le tube radiogène est doté d'une filtration inhérente de 2,5 mm équivalent Aluminium. Les autres examens de radiologie standard ont été réalisés au service de radiologie des urgences avec une installation radiologique de marque Philips, modèle BUCKY DIAGNOST FS dotée d'une filtration inhérente de 0,7 mm equiv. Al et un filtre additionnel de 2,0 mm equiv. Al. Un scanner hélicoïdal de 16 barrettes, de marque Siemens, modèle SOMATOM Emotion a été également utilisé pour le bilan des certains malades.

Le recueil des données pour l'évaluation dosimétrique a été obtenu à partir des formulaires élaborés conjointement par la Société Française de Radiologie (SFR) et l'Institut de Radioprotection et Sûreté Nucléaire (IRSN), disponible sur les sites internet de ces agences (15).

Traitement et analyse statistique des données

Les données sont saisies et analysées à l'aide du logiciel SPSS 13.0. Les variables qualitatives ont été exprimées sous-forme de fréquence relative et absolue ; tandis que les variables quantitatives, en moyennes et écart-types ou médiane et quartile. Le test de corrélation de Pearson (r) a été utilisé pour rechercher la relation entre deux variables continues au seuil de significativité statistique fixé à $p < 0,05$.

Considérations éthiques



Le protocole de recherche a été approuvé par le comité d'éthique de l'hôpital Ibn Sina du CHU de Rabat-Salé. Les données ont été traitées de manière anonyme et strictement confidentielle.

Résultats

Caractéristiques générales de la population d'étude

La moyenne d'âge de 42,5 ans dont les extrêmes allant de 17 ans à 86 ans avec un sex-ratio (H/F) de 1,6. Le séjour médian était de 3 jours avec des extrêmes allant de 1 jour à 32 jours. Le principal motif d'hospitalisation était les traumatismes (52,8 %), suivi du syndrome occlusif (14,5 %) ; (tableau 3).

Tableau 3. Motifs d'hospitalisation des patients admis au service de réanimation des urgences chirurgicales

Motifs d'hospitalisation des patients	n (%)
Polytraumatismes	20 (36,4)
Syndrome occlusif	8 (14,5)
Traumatismes par armes blanches	5 (9,1)
Traumatismes Crâniens	4 (7,3)
Péritonites	4 (7,3)
Pathologies biliaires	4 (7,3)
Asthme	2 (3,6)
Maladie tumorale	2 (3,6)
Autres	6 (10,9)

Evaluation dosimétrique des examens réalisés

Fréquence des examens réalisés et doses respectives

La fréquence des examens et les doses reçues sont listées dans le tableau 4.

En radiographie standard, la radiographie du thorax était l'examen le plus réalisé (98,2 %) avec des doses allant de 0,2 à 10,5 mGy, suivie de la radiographie du bassin (27,3 %) avec des doses

constantes de 2,7 mGy. La radiographie de l'Abdomen Sans Préparation et celle du crâne (25,5 % chacune) ont suivi avec des doses respectivement, allant de 2,9 mGy et de 5,3 à 15,9 mGy. En revanche, les doses les plus élevées (valeurs médianes) étaient observées dans les radiographies de la colonne lombaire (20,4 mGy) et du crâne (5,3 mGy).

Tableau 4. Fréquence des examens de radiographie standard et doses médianes

Examen réalisé	Dose d'entrée (De) en mGy			
	n=55 (%)	Médiane	Min.	Max.
Radiographie standard (Rx)				
Rx du thorax	54 (98,2)	0,51	0,2	10,5
Rx du bassin	15 (27,3)	2,7	2,7	2,7
Abdomen Sans Préparation (ASP)	14 (25,5)	2,92	2,9	11,7
Rx du crâne	14 (25,5)	5,3	5,3	15,9
Rx colonne cervicale	11 (20)	3,8	3,8	3,9
Rx de la colonne lombaire	8 (14,6)	20,4	20,4	20,4
Rx du genou	7 (12,7)	1,96	1,9	2
Rx du fémur	6 (10,9)	3,35	3,4	6,7
Rx de la jambe	4 (7,3)	0,58	0,4	0,8
Rx du pied, de cheville	3 (5,5)	0,4	,4	0,4
Rx de l'épaule	3 (5,5)	2,15	2,2	2,2
Rx de l'humérus	2 (3,6)	5,3	5,4	5,4
Rx colonne dorsale	2 (3,6)	7	7	7
Rx de la hanche	1 (1,8)	2,7	2,7	2,7

En tomodensitométrie (tableau 5), la TDM cérébrale était l'examen le plus réalisé (27,3%)

avec des doses allant de 216 à 1026 mGy.cm, suivie de la TDM abdomino-pelvienne avec des



doses de 205,1 à 458 mGy.cm et la TDM thoraco-abdominale de 791,7 à 936,3 mGy.cm. Les doses les plus élevées étaient observées dans les TDM thoraco-abdominale (915,2 mGy.cm), lombaire (250,5 mGy.cm) et cérébrale (229,0 mGy.cm).

Tableau 5. Fréquence de la tomodensitométrie et doses médianes respectives

Tomodensitométrie (TDM)	Produit Dose Longueur (PDL) en mGy.cm			
	n=55 (%)	Médiane	Min.	Max.
TDM cérébrale	15 (27,3)	512,9	216	1026
TDM abdomino-pelvienne	12 (21,8)	229,0	205,1	458
TDM thoraco-abdominale	9 (16,4)	915,2	791,7	936,3
TDM thoracique	7 (12,7)	304,5	266,49	609,1
TDM du rocher	2 (3,6)	170,2	170,2	170,2
TDM colonne cervicale	1 (1,8)	168,3	168,3	168,3
TDM de la colonne lombaire	1 (1,8)	250,5	250,5	250,5

Séjour des patients et doses délivrées (Rx Thorax)

La relation entre la dose administrée et le séjour est illustrée dans la figure 1.

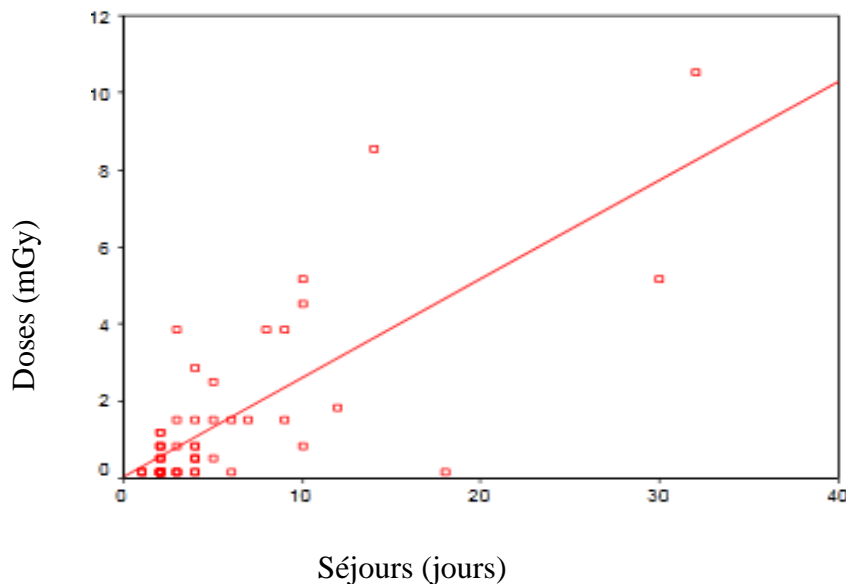


Figure 1. Corrélation entre les doses délivrées au cours des Rx de thorax en fonction du séjour

La distribution de doses délivrées aux malades au cours de l'hospitalisation était significativement corrélée à la prolongation des journées d'hospitalisation ($r = 0,753$ et $p < 0,001$). La corrélation était moyenne entre les doses délivrées aux patients pour l'ensemble des examens standards en fonction du séjour ($r = 0,516$ et $p < 0,001$); tandis que la corrélation entre les doses délivrées aux patients pour l'ensemble des examens TDM en fonction du séjour n'était pas significative ($r = 0,283$ et $p < 0,122$).

Comparaison des doses des examens réalisés par rapport aux NRD européen

Le tableau 6 ci-dessous montre que les doses d'entrée moyennes de $0,248 \pm 0,06$ mGy et de $3,97 \pm 2,46$ sont superposables aux doses de 0,3 et 10 mGy du NRD européen respectivement, pour les radiographies du thorax et de l'ASP.

Par rapport à la TDM, les doses de $524,38 \pm 164,3$ mGy.cm et $250,1 \pm 66,3$ mGy.cm sont inférieures aux doses de 1050 et 650 mGy.cm des NRD européen respectivement, pour la TDM cérébrale et la TDM abdomen.



Tableau 6. Comparaison dosimétrique des examens standards et tomодensitométrique par rapport aux NRD européen

Examens	De (mGy) X ± ET	De Minimale (mGy)	De Maximale (mGy)	NRD européen (mGy)	% des DOSES > NRD
Rx-thorax	0,248 ± 0,06	0,17	0,33	0,3	20,7
ASP	3, 97 ± 2,46	2,93	11,7	10	7,1
	PDL (mGy.cm) X±ET	PDL (mGy.cm) Minimale	PDL (mGy.cm) Maximale	NRD européen (mGy.cm)	% des DOSES > NRD
TDM cérébrale	524,38 ± 164,3	216,2	1025,9	1050	0
TDM abdomen	250,1 ± 66,3	205,1	458	650	0

Discussion

L'analyse des données dosimétriques recueillies dans la présente étude a montré que les valeurs de « De » et de « PDL » au 75^{ème} percentile pour les examens de radiologie standard et des examens scannographiques sont conformes aux NRD européens (11, 13).

Les 20,7 % des doses délivrées aux patients lors des examens de radiographie de thorax dans notre série étaient supérieures aux Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) européens. Ceci peut être expliqué par le fait que cet examen était systématiquement réalisé quotidiennement, chez tous les patients polytraumatisés hospitalisés en comparaison aux autres examens ayant fait objet de l'évaluation. De plus, la dose délivrée aux patients était significativement corrélée au séjour du patient ($r = 0,753$ et $p < 0,001$).

La réalisation d'un cliché de thorax de contrôle quotidien chez tous les malades polytraumatisés hospitalisés à la RUCH est une pratique conforme aux instructions du guide de bonnes pratiques, qui l'indique en cas de modification de la symptomatologie et après implantation ou retrait de matériel (14). Cependant, dans la présente étude, aucun polytraumatisé n'a bénéficié d'un scanner « corps entier », malgré la disponibilité d'un scanner hélicoïdal 16 barrettes. Huber-Wagner *et al.* dans une étude multicentrique menée en 2009, a montré les avantages qu'offre le protocole du scanner « corps entier » dans la prise en charge des patients polytraumatisés dans les services des urgences (17).

En 2006, the American Medical Association avait aussi encouragé ce protocole en démontrant que le

scanner corps entier a influencé le changement de traitement chez 19 % des patients polytraumatisés ayant bénéficié de ce protocole sur la base de la seule appréciation du mécanisme traumatique, l'examen clinique n'ayant pas relevé de lésions significatives (18). Par ailleurs, selon d'autres études, il existe le risque de développer le cancer radio induit à long terme. Ainsi, Julie Lloyd en 2008, compare l'exposition à la radiation naturelle chez un citoyen aux Etats-Unis qui est en moyenne de trois millisieverts (mSv) chaque année, à celle délivrée aux malades polytraumatisés examinés par un scanner corps entier qui est en moyenne de 40 mSv en un seul examen (19).

Ces études, en évaluant les risques à long terme de développer le cancer radio induit, tiennent compte de la relation linéaire sans seuil de l'effet du rayonnement sur la matière, dont la validité pour les doses inférieures à 100 mSv est remise en cause (20 - 23), notamment en raison des démonstrations récentes de l'existence de mécanismes de sauvegarde du génome essentiellement la réparation de l'ADN (24 - 30) et l'élimination par la mort des cellules dont l'ADN a été lésé (31). La médiane de la dose délivrée aux patients traumatisés dans la présente étude (1495,4 mGy.cm) est inférieure à celle présentée en 2010 par Chaumoitre K. *et al.* lors des Journées Françaises de Radiologie (4000 à 6000 mGy.cm) (31).

Conclusion

L'évaluation dosimétrique des examens radiologiques a montré que nos patients étaient suffisamment protégés contre les expositions



excessives aux rayonnements ionisants dans la mesure où les valeurs de 75^{ème} centile calculées en radiologie standard et en scanographie sont pour la majorité en dessous des Niveaux de Référence Diagnostiques de la commission Européenne. La question de la réalisation quotidienne de la radiographie du thorax de contrôle aux patients traumatisés hospitalisés en réanimation et celle de la réalisation d'un scanner corps entier pour tout patient polytraumatisé méritent une réflexion approfondue faisant appel à tous les acteurs concernés par la prise en charge des patients.

Conflit d'intérêt : aucun

Contribution des auteurs

Conception et direction : ATK et AAM.
Rédaction et analyses : TKM, AS, MB. Relecture du manuscrit : Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale et révisée du manuscrit.

Références

1. Shannoun F. Medical exposure assessment: the global approach of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015; **165** :125-8. doi: 10.1093/rpd/ncv027. Epub 2015 Apr 7. PMID: 25855077.
2. Czarwinski R, Crick MJ. Occupational exposures worldwide and revision of international standards for protection. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011; **144** :2-11. doi: 10.1093/rpd/ncq449. Epub 2010 Dec 9. PMID: 21148586.
3. Dawood AMA, Glover ET, Akortia E, Nyarku M, Essel P, Sarfo EO, *et al*. Environmental radiation and health risk assessment in the neighborhood of a radioactive waste management facility. *Environ Monit Assess*. 2022; **194** :314. doi: 10.1007/s10661-022-09966-x. PMID: 35355157.
4. Sankaran Pillai G, Chandrasekaran S, Sivasubramanian K, Baskaran R, Venkatraman B. A review on variation of natural radioactivity along the southeast coast of tamil nadu for the past 4 decades (1974-2016). *Radiat Prot Dosimetry* 2018; **179** :125-135. doi: 10.1093/rpd/ncx233. PMID: 29069491.
5. Veerasamy N, Sahoo SK, Inoue K, Fukushi M, Tsuruoka H, Arae H, *et al*. Natural radioactivity measurement and dose assessment of beach placer sands in the coastal region of tamil nadu (INDIA). *Radiat Prot Dosimetry*. 2019; **184** :409-412. doi: 10.1093/rpd/ncz109. PMID: 31038715.



6. Stather J, Kaul A, Métivier H. The work of the task group of committees 2 of ICRP on age-dependent dosimetry. *Radioprotection*. 1996; **31** : 211-227. doi:10.1051/radiopro/1996015
7. Walrand S, Bakhtina K. Direct effect of the Directive Euratom 2013/59 on European hospitals hosting radionuclide therapies. *Phys Med*. 2022 Apr; **96**: 121-122. doi: 10.1016/j.ejmp.2022.03.004. Epub 2022 Mar 9. PMID: 35278929.
8. Mundigl S. Revision of the Euratom Basic Safety Standards Directive--current status. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011 Mar ; 144 : 12-6. doi: 10.1093/rpd/ncq294. Epub 2010 Oct 19. PMID: 20959342.
9. Simeonov G. European activities in radiation protection in medicine. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015 Jul; **165** :34-8. doi: 10.1093/rpd/ncv031. Epub 2015 Apr 12. PMID: 25870434.
10. Siemens Médical, Guide d'application de logiciel Syngo 2006.
11. Cordoliani Y. Comment évaluer la dose délivrée aux patients en radiologie. *Journée Française de Radiologie* 2007 ; **84** : 941-951.
12. Nestle U, Berlich J. Strahlenschutz. Radiation protection. Implications for clinical practice on the new regulations governing roentgen ray irradiation and radioprotection. *Urologe A*. 2006; **45** :1021-31; quiz 1032. German. doi: 10.1007/s00120-006-1128-1. PMID: 17180754.
13. Mundigl S. Modernisation and consolidation of the European radiation protection legislation: the new Euratom Basic Safety Standards Directive. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015; **164**: 9-12. doi: 10.1093/rpd/ncu285. Epub 2014 Sep 16. PMID: 25227437.
14. Heilmaier C, Treier R, Merkle EM, Alkadhi H, Weishaupt D, Schindera S. National survey on dose data analysis in computed tomography. *Eur Radiol*. 2018; **28** :5044-5050. doi: 10.1007/s00330-018-5408-0. Epub 2018 May 28. Erratum in: *Eur Radiol*. 2018 Aug 1;: PMID: 29808427.
15. Guglielmi G, Pinto A, Salerno S. Editorial from guest editors current Euratom legislation (DE 59/2013): new patient management in radiation protection. *Radiol Med*. 2019; **124** : 711-713. doi: 10.1007/s11547-019-01070-4. Epub 2019 Aug 29. PMID: 31468300.
16. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet*. 2009; **373**:1455-1461.
17. Salim A, Sang thong B, Marten M, Brown C, Pleurad D, Demetriades D. Whole body imaging in blunt multisystem trauma patients without obvious signs of injury. *Arch Surg*. 2006 ; **141**:468-447.
18. Linder F, Mani K, Juhlin C, Eklöf H. Routine whole body CT of high energy trauma patients leads to excessive radiation exposure. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2016 ; **24**:7. doi: 10.1186/s13049-016-0199-2. PMID: 26817669; PMCID: PMC4729033.;
19. Wakeford R. Risk of diseases of the circulatory system after low-level radiation exposure--an assessment of evidence from occupational exposures. *J Radiol Prot*. 2022; **16** : 42 (2). doi: 10.1088/1361-6498/ac6275. PMID: 35575612.
20. Wakeford R, Tawn EJ. The meaning of low dose and low dose-rate. *J Radiol Prot*. 2010; **30** :1-3. doi: 10.1088/0952-4746/30/1/E02. Epub 2010 Mar 10. PMID: 20234068.
21. Rühm W, Eidemüller M, Kaiser JC. Biologically-based mechanistic models of radiation-related carcinogenesis applied to epidemiological data. *Int J Radiat Biol*. 2017; **93**:1093-1117. doi: 10.1080/09553002.2017.1310405. Epub 2017 Apr 25. PMID: 28346027.
22. Calabrese EJ. Toxicology rewrites its history and rethinks its future: giving equal focus to both harmful and beneficial effects. *Environ Toxicol Chem*. 2011; **30**:2658-2673. doi: 10.1002/etc.687. Epub 2011 Oct 26. PMID: 21932295.
23. Anuranjani, Bala M. Concerted action of Nrf2-ARE pathway, MRN complex, HMGB1 and inflammatory cytokines - implication in modification of radiation damage. *Redox Biol*. 2014; **2**:832-846. doi: 10.1016/j.redox.2014.02.008. PMID: 25009785; PMCID: PMC4085347.
24. Du F, Zhang M, Li X, Yang C, Meng H, Wang D, Chang S, Xu Y, Price B, Sun Y. Dimer monomer transition and dimer reformation play important role for ATM cellular function during DNA repair.



- Biochem Biophys Res Commun.* 2014 ; **452**:1034-1039. doi: 10.1016/j.bbrc.2014.09.038. Epub 2014 Sep 18. PMID: 25240135; PMCID: PMC4386021.
25. Bakkenist C J, Kastan M B. DNA damage activates ATM through intermolecular autophosphorylation and dimer dissociation. *Nature* 2003; **421**: 499-506.
26. Christmann M, Tomicic MT, Roos WP, Kaina B. Mechanisms of human DNA repair: an update. *Toxicology* 2003; **193**: 3-34.
27. Paterson LC, Festarini A, Stuart M, Ali F, Costello C, Boyer C, Rogge R, Ybarra N, Kildea J, Richardson RB. High-Accuracy Relative Biological Effectiveness Values Following Low-Dose Thermal Neutron Exposures Support Bimodal Quality Factor Response with Neutron Energy. *Int J Mol Sci.* 2022; **23** :878. doi: 10.3390/ijms23020878. PMID: 35055062; PMCID: PMC8779315.
28. Shiloh Y. ATM and related protein kinases: safeguarding genome integrity. *Nat. Rev. Cancer* 2003; **3**: 155-168.
29. Yang J, Yu Y, Hamrick H.E, and Duerksen-Hughes P J. ATM, ATR and DNA- PK: initiators of the cellular genotoxic stress responses. *Carcinogenesis* 2003; **24**: 1571-1580.
30. Chaumoitre K, Cazalas G, Bidault De L'isle L, Antonini F, Leone M, Panuel M. Prise en charge des polytraumatisés par scanner 64 détecteurs : a propos de 500 patients. *Journal de radiologie.* 2009 ; **90** : 1228. DOI:[10.1016/S0221-0363\(09\)74935-2](https://doi.org/10.1016/S0221-0363(09)74935-2)

Comment citer cet article : Kalonji AT, Molua AA, Mazoba TK, Tshiabukole XM, Samir A, Bouchra M, *et al.* Evaluation de l'exposition aux radiations x chez des patients du service de réanimation des urgences chirurgicales de l'hôpital ibn Sina du CHU de Rabat-Sale. *Ann Afr Med* 2023; **16** (3): e5189-e5198. <https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v16i3.5>